

玉石海岸における浸食機構に関する研究 (II)  
——沿岸漂砂量の推定——  
(最終報告)

富永正照・橋本 宏

建設省土木研究所海岸研究室

Studies on the Erosion Mechanism Along the  
So-Called Tamaishi Coast (II)  
—Estimation of the Rate of Littoral Drift—  
(Final Report)

By

Masateru Tominaga and Hiroshi Hashimoto

Public Works Research Institute, Ministry of Construction, Tokyo

Abstract

The mechanism of beach erosion along the Shimonikawa Coast where the beach material consists of pebbles was investigated. Data of hydrographic surveys and wave observations, which were carried out periodically for ten years, were used for estimation of the rate of littoral drift and the longshore component of wave energy.

The predominant direction of littoral drift is westward, and the yearly changes of the rate of littoral drift correspond with the variation of wave energy. The construction of a breakwater at the Miyazaki Fishing Harbour located on the east side of this coast prevents the littoral drift and causes accretion on the east and erosion on Shimonikawa Coast. Around the mouth of the river Kurobe located on the west side of the coast, the sea slope is very steep and the beach material moves offshore.

In order to prevent the beach erosion, sand bypassing from the east coast of Miyazaki, and construction of the groin systems along Shimonikawa Coast and of the works preventing the offshore movement near the mouth of the river Kurobe are proposed.

1. まえがき

富山湾における浸食対策として浸食機構と対策工法について、モデル地区を設定し検討することを目的としてこの研究は行なわれている。モデル地区として選定したのは宮崎漁港から生地までの、海浜を構成する物質が砂とれきまじりの下新川海岸である。海岸浸食に主として関係している沿岸漂砂量の推定に重点をおき、その解明につとめた。深淺測量、波浪観測の資料を使用して沿岸漂砂量の推定を行なうと同時に、この結果を利用して海浜の変形を推定し、対策工法の検討を行なった。

2. 沿岸漂砂量

解析の対象としたのは図1に示すように生地から宮崎までの延長19 kmであり浸食のかなりは

げしい地域である。海浜の状況は浸食のはげしい場所では砂浜は消滅し、堤防の前面にはブロックが投入されている。昭和43年8月の測量成果によると測点No. 5~12(吉田川河口付近)、No. 73~75(目川)、No. 86~93(吉原)、No. 114~180(八幡~笹川河口)の区間では砂浜は存在しない。代表的な断面を選んで海浜形状を示すと図2のようになる。測定No. D(生地鼻)、No. 23~43(黒部川河口~芦崎)においては非常に海底こう配がきつく水深10~80 mの間では1/2~1/5であり、水深50 mから150 mまでは1/6程度である。東にいくにしたがってはこう配は緩くなっており笹川河口付近では水深10~20 mでは1/150であるが水深50~100 mでは1/10以下になって

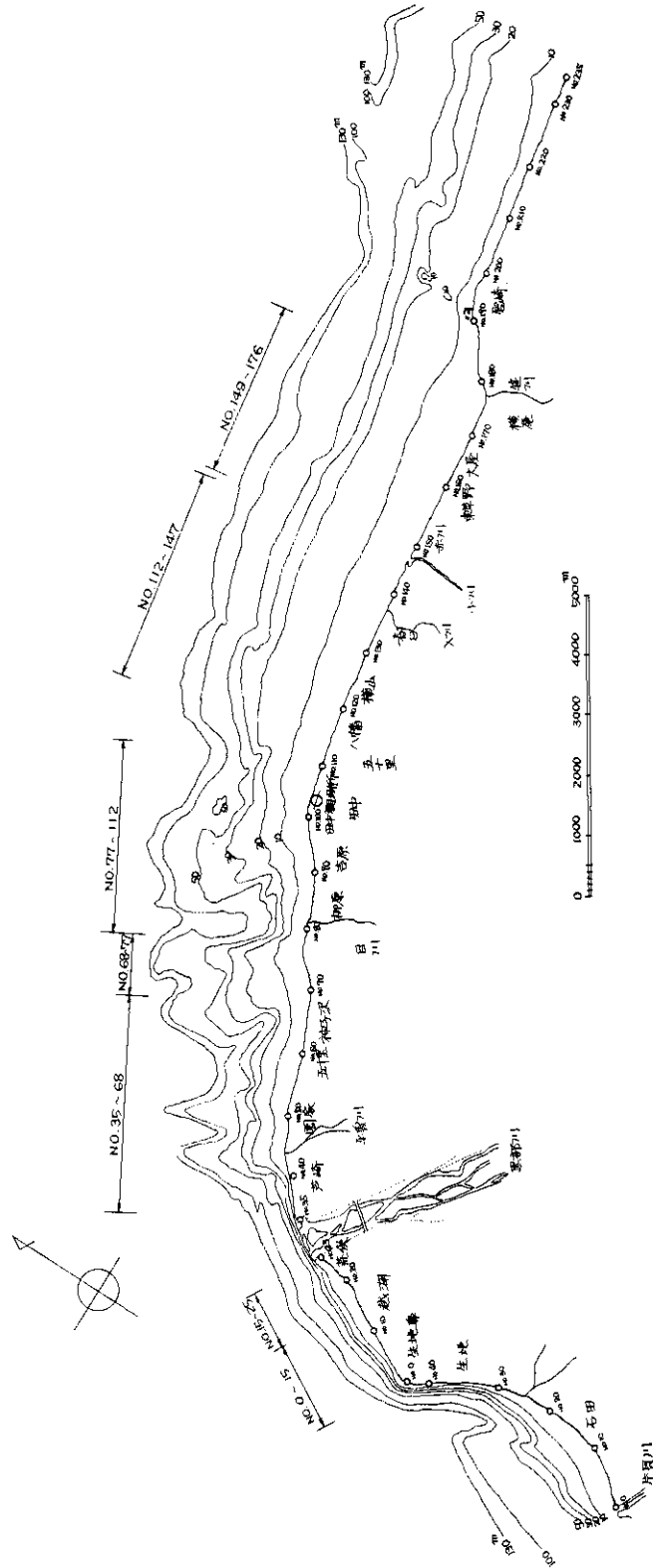


図1 調査対象区域

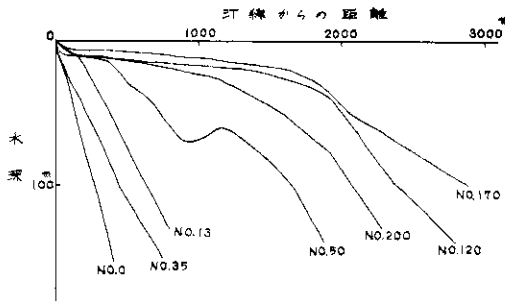


図2 海浜形状(昭和41年9月測量)

いる。すなわち水深の深い部分では海底こう配は黒部川河口においても、また笹川河口においてもほぼ同じであるが浅い部分では大きく違っている。これは黒部川によって扇状地が形成されると同時に波によって砂が東から西に移動し、笹川河口付近では浅い部分において浸食を生じ、黒部川河口では堆積を生じていると考えられる。また $1/2 \sim 1/50$ の海底こう配を維持するには相当量の砂が補給される必要がある、これが沿岸漂砂と黒部川の流出土砂によってなされていると考えることができる。このような考え方について深浅測量、波浪観測の成果を利用して検討を行ない、沿岸漂砂量を推定した。

海岸浸食がどの地点で生じているかを建設省黒

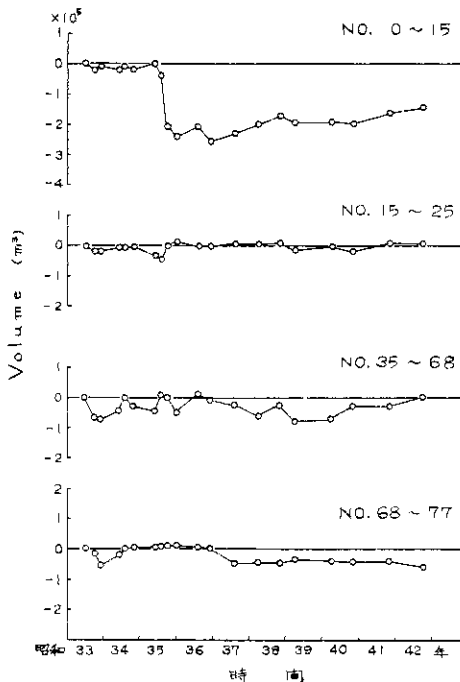


図3(a) 区間体積の時間的变化

部工事事務所で行なわれた深浅測量の結果から<sup>1), 2)</sup>調べてみる。海岸を図1に示すように4区間に割し、昭和33年6月の断面を基準として水深4mまでの各区間の体積変化がすでに計算されているのでこれを示したのが図3である。これによっても明らかなように浸食はまず東側(No. 149~176)から始まっている。この浸食はある程度進むと停止し、新たに次の区間で浸食を生じる。測点No. 149~176では昭和33年から昭和35年にかけて浸食がはげしく、昭和36年以降は浸食の速度が遅くなっている。これは対策工法としてブロックの投入が行なわれたためと考えられる。測点No. 112~147の区間については昭和36年から浸食が始まっている。測点No. 85~112の区間については体積変化はあまりなく安定しているといえる。測点No. 0~25区間の昭和36年における浸食はすでに報告されているように吉田川河口右岸に突堤を設けブロックの投入を行なったためと考えられる。

これらの体積の変化をまとめるとまず浸食は東から始まり、それがだいに西に進んでいる。すなわち東からの沿岸漂砂の停止によって生じていると考えることができる。もし沖への移動によって生じているとすると海底こう配の緩いNo. 170

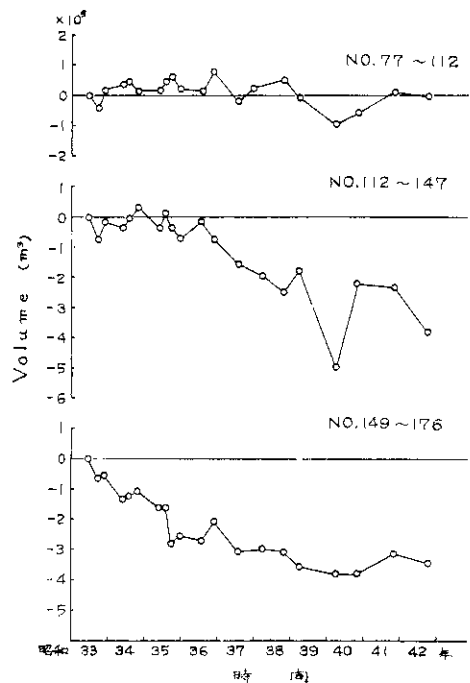


図3(b) 区間体積の時間的变化

付近が浸食され、きつい場所 (No. 85) においては変化していないという事を説明できない。昭和27年から昭和32年にかけて宮崎漁港において防波堤が建設されており、これが沿岸漂砂を止めた原因と考えられる。

これまで述べたことから海岸線に直角方向の移動はないものと考えてある区間の体積変化はそこに入ってくる沿岸漂砂量と出ていく量の差であるとして沿岸漂砂量を計算してみた。この場合宮崎漁港によって漂砂は完全に止められ西および東への砂の移動はないものと考えて、西向きを正として計算した。深淺測量は毎年同じ時期に行なわれているわけではないため表1に示す期間の測量の成果を利用して各年の漂砂量を求めた。計算結果を各断面ごとに示したのが図4である。この図でまず明らかなのは年による変動がかなりあるということである。その範囲は西向き80万 $m^3/year$ から東向き10万 $m^3/year$ になる。このように変動が大きいと1年や2年の観測ではその実態をつかむことはむずかしく、少なくとも5年程度の観測が必要であろう。

表1 沿岸漂砂量計算に使用した測量年月

年	期	間
昭和33年	昭和33年6月	昭和34年5月
34	34 5	35 5
35	35 5	36 7
36	36 7	37 8
37	37 8	38 11
38	38 11	39 8
39	39 3	40 10
40	40 10	41 10
41	41 10	42 9

測点No. 149においては漂砂量は年とともに減少し、またその変動の幅も他の地点に比較すると減少している。各地点における昭和33年から昭和42年までの平均沿岸漂砂量を示したのが図5である。測点No. 35では年間平均10万 $m^3$ の砂が西に向って移動していると考えられる。測点No. 149と112については浸食を生じたために海岸線の方向が変化し、沿岸漂砂量が減少したことから、浸食対策としてブロックの投入が行なわれているため平均的には少なくなっている。変動から推定すれば現在の海岸の状態ではNo. 35~77の1/5程度まで減少していると考えられる。

沿岸漂砂量の計算に使用した体積は水深4mまでの深淺測量の成果を利用している。この体積の変化とてい線の後退量の関係を示したのが図6で

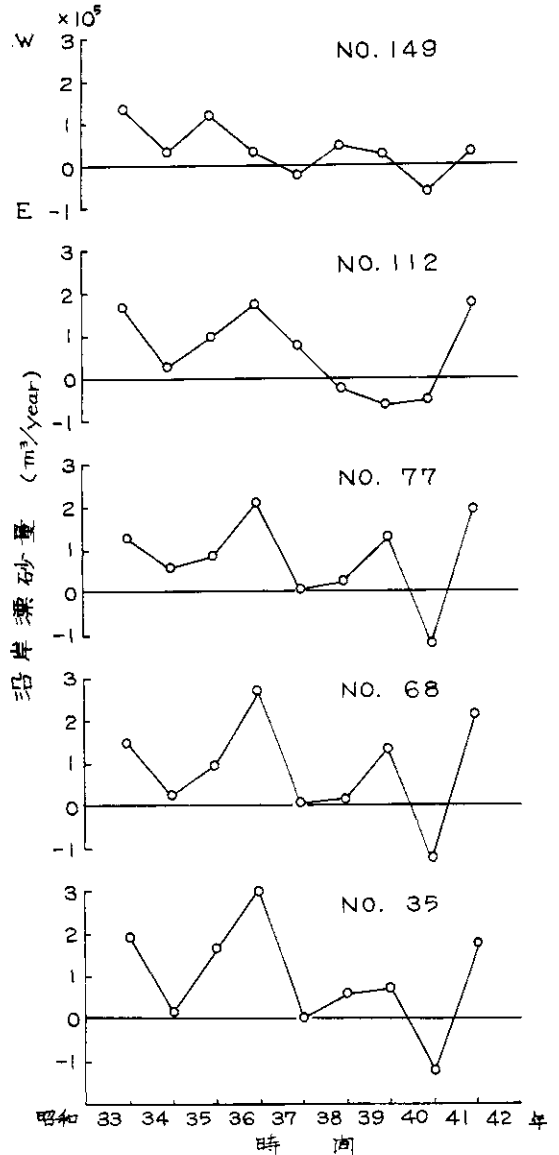


図4 沿岸漂砂量の時間的变化

ある。これはNo. 149~176の間延長27kmの体積と昭和33年6月を基準にした200m間隔のてい線の後退量の平均値を比較したものである。この図には砂の移動水深を4, 5, 6mとした場合の関係が

実線で示されているが平均的には5 m程度になっている。すなわち水面上1 m, 水面下4 mの範囲でい線の後退量と同じだけ後退するとして求めた値は断面積の変化量と等しい。てい線の後退量から体積を求めることができる。また5 mという値は妥当な値であり、沖へ砂が移動している場合には少くとも水深4 mを越えて沖へ移動していると考えられる。

黒部川左岸から生地間の沿岸漂砂についてはNo. 23からNo. 48にかけて海底が急深であるために沖への移動を生じていると考えられる。このために左岸の漂砂量をたんに東からの漂砂量に黒部川の河口流出土砂量を加えて沿岸漂砂量とするわけにはいかず別の方法によって推定しなければ

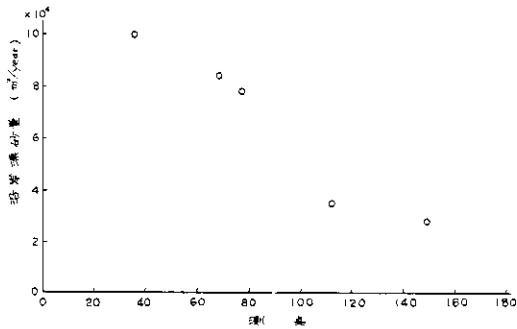


図5 平均沿岸漂砂量(昭和33年から昭和42年までの平均)

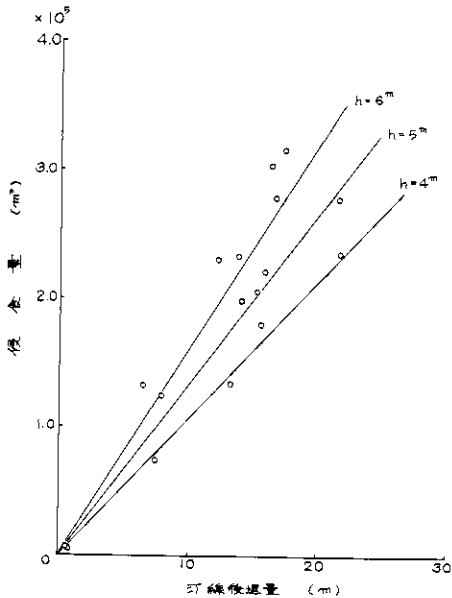


図6 測点No. 149~176のてい線後退量と侵食量の関係

ばならない。この区間においてはさきにも述べたように昭和35年に吉田川の河口に突堤が施工されたために突堤の東側では堆積を、西側では侵食を生じている。その後侵食された場所にブロックの投入が行なわれており、侵食にともなう海岸線の方向の変化とともに沿岸漂砂量は相当減少していると推定される。

黒部川河口左岸にある測点No. 25の水深4 mまでの断面積とてい線の位置を昭和38年6月の値を基準として示したのが図7である。また図8には河口における黒部川の流出土砂量の時間的変化が示されている。この両者を比較すると河口のてい線の前進後退は主として黒部川の流出土砂の増減と対応しており、河口幅は約1 kmあるため100 m<sup>2</sup>の断面積の変化は10万m<sup>3</sup>の体積変化となり、流出土砂量とオーダーは一致している。また常に河口への補給がなければ河口が侵食されることは沿岸方向の砂の移動よりも沖への動きがいちじるしいと考えられる。

測点No. 25の断面積の変化が流出土砂に支配されているということは河口右岸の沿岸漂砂は左岸まで影響していないと推定される。

富山湾奥の四方漁港付近における砂の移動を調べた結果によると漁港東側にある四方洋谷に落ち込んでいると推定されている。富

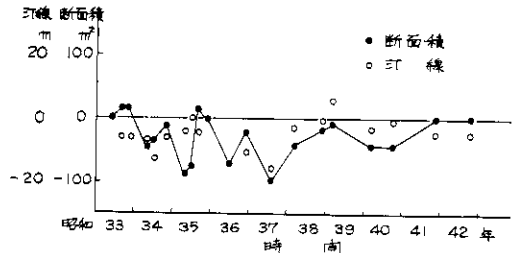


図7 測点No. 25における断面積とてい線の時間的变化

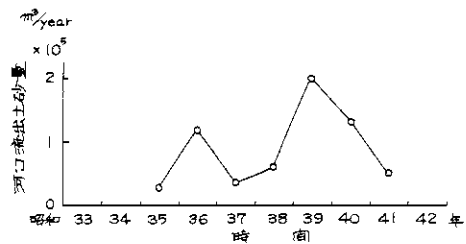


図8 黒部川河口流出土砂量の時間変化

山湾の海岸侵食の特色は洋谷があるために生じていると考えられる。もし洋谷がなければ沿岸漂砂の移動にもなって侵食する場所はあっても侵食された量だけ他の場所に堆積し、海岸は安定形状に近づくのであるが洋谷があるために沿岸方向に動いている砂がなくなり、波による沿岸漂砂を維持するためには侵食が生ずる。このように考えると富山湾沿岸における侵食対策は急深な場所における沖への移動を止めなければならないと考えられる。このような問題は現在の海岸工学ではあまり検討されたこともなく、その工法も確立されたものがないため今後の研究を待たなければならない。

以上述べたのは深浅測量の成果を利用して沿岸漂砂量の推定を行なった結果であるがガラス玉を追跡子として用いた成果<sup>5)</sup>を利用して砂の移動状況について考察を行なってみる。昭和44年8月に田中、園家、黒部川左岸に投入された追跡子の重心の移動を描いたものが図9である。田中海岸に投入されたものはほぼ一定速度で移動し、その速度は9 km/year である。園家に投入されたものは初めは田中に投入されたものとほぼ同じ速度で移動しているがしだいに遅くなっている。これはNo. 43付近から海底こう配がきつくなっているために沿岸方向ばかりでなく、沖へも移動しているために沿岸方向に進むものが少なくなり、移動速度が遅くなっている可能性がある。この遅い部

分の速度は1 km/year 程度である。黒部川左岸に投入されたものは約2 km/yearの速度で動いている。沿岸漂砂量は移動速度に移動厚と移動幅をかけることによって求めることができるため移動速度としては重心の移動速度を用い、移動幅としては海底こう配1/20、移動水深5mとすると100m、移動厚としては粒径の数倍と考えて0.1mを用いるとそれぞれの地点における沿岸漂砂量は田中で9万m<sup>3</sup>/year、園家-芦崎で1万m<sup>3</sup>/year、黒部川左岸で2万m<sup>3</sup>/year程度となる。さきに深浅測量の成果から求めた値とオーダーは一致する。芦崎(No. 35)においては断面積の変化から計算した場合には沖への移動を考慮していないために10万m<sup>3</sup>/yearとなっているが実際にはこの大部分は沖へ移動していると考えられる。すなわちNo. 43付近までは沿岸漂砂量は約10万m<sup>3</sup>/yearであって、それから沖へ9万m<sup>3</sup>/year、黒部川河口へは1万m<sup>3</sup>/year程度の割合になっているのではないかと推定されるが、沖への移動については今後の検討しなければならない問題である。

深浅測量の成果を利用して下新川海岸における侵食について考察を行なってきたが侵食の原因をまとめると次の三つになると考えられる。まず第1は富山湾の地形が西に能登半島があるために西からの波をほとんどさえぎっていることである。このために下新川海岸においては東から来襲する波が多く西向きの沿岸漂砂を生じている。東側においては西向きの沿岸漂砂を維持するために侵食され、海底こう配は緩くなり、西側においては漂砂の供給があるために堆積を生じ海底こう配はきつくなっている。東側が侵食され西側が堆積するために海岸線の方向はしだいに東向きを変えて波の来襲方向と海岸線の方向は直角に近づいている。すなわち沿岸漂砂量が減少し、海岸は安定した形状に近づいている。第2は吉原海岸の沖にある洋谷に砂が落ち込むことにあると考えられる。沿岸漂砂は東西に移動しており、ある部分で侵食を生じれば他の部分では堆積を生じるのが普通であるが洋谷があるために沿岸漂砂に損失を生じその量だけ海岸が侵食される。この状態が吉原付近で生じていると考えられる。第3は宮崎漁港の東防波堤の建設である。ほぼ安定した形状になりつつあった海岸に漂砂を阻止する構造物を造れば当然漂砂量が変化し、一方では堆積を他方

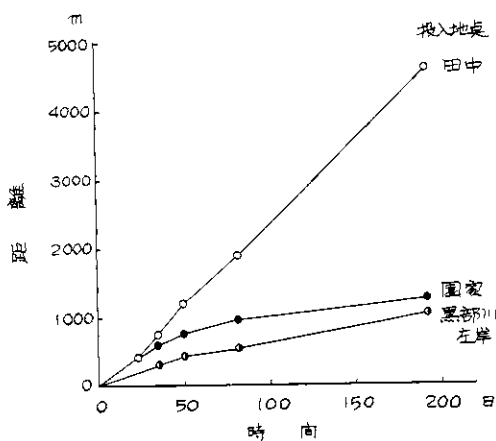


図9 追跡子の重心位置 (昭和44年8月29日投入)

は浸食を生ずる。宮崎漁港の東側では昭和22年から32年までのてい線測定の結果によればかなりの浸食を生じているが昭和27年から32年にかけての防波堤の建設によって堆積し始めている。一方宮崎の西側の笹川河口付近の浸食は昭和30年頃が最もはげしく、浸食される場所がしだいに西へ移動している。昭和30年以降の浸食は主として宮崎漁港の防波堤建設にあると考えられる。防波堤の建設がどの程度の影響をもっているかを推定するため昭和33年から昭和35年にかけてのNa.149における漂砂量とNo.35における漂砂量の比を求めてみるとNo.149においてはNa.35の約70%になっている。このことから上記の浸食原因のうちで宮崎漁港の建設による影響は全体の70%をしめていていると考えられ、残りの30%は波向が一様でないことと吉原付近、洋谷に砂が落ち込むことによると考えられる。これらの浸食原因は浸食対策を考えるうえで重要な意味を持っている。

### 3. 沿岸方向の波エネルギー

沿岸漂砂量は波の沿岸方向のエネルギーと密接な関係を持っている。さきに求めた沿岸漂砂量と波のエネルギーがどのような関係にあるかを田中海岸における波浪観測資料<sup>6),7)</sup>を用いて検討を行なった。沿岸方向の波のエネルギーは波高、周期の観測とともに波向も観測されていなければならない。波高と周期に関しては昭和33年から水圧式波高計を使用して行なわれており、波向観測は昭和39年から目視によって行なわれている。波浪観測は9時と15時の1目2回の観測資料がまとめられているのでこれを利用したが欠測が相当あるために信頼性に欠けている恐れがある。波のエネルギーとしては砕波点における沿岸成分を必要とするが波高、周期が観測されていても波向の観測がないものもあるために、まず田中海岸における観測波高から相当深海波高 $H_0$ を求め、これから各波高、周期の組合せについて次式によって単位幅を横切って単位時間に輸送されるエネルギー $E_0$ は、

$$E_0 = 1/8 W C_0 H_0 n_0^2 \quad (1)$$

となる。

ここで $W$ : 水の単位体積重量(1.03 ton/m<sup>3</sup>)

$C_0$ : 深海波の波速,  $n_0$ : 深海での波速と群速度の比(=1/2)である。

砕波点における単位幅を横切って単位時間に沿岸方向に輸送される波のエネルギー $E_b$ は

$$E_b = n_b \cdot C_b \sin \alpha_b \cos \alpha_b \cdot \frac{1}{8} W H_b^2 \quad (2)$$

である。ここで $n_b$  砕波点における波速と群速度の比 $\alpha_b$ : 砕波点での波の入射角,  $C_b$ : 砕波波速,  $H_b$ : 砕波波高である。

$$\frac{H_b}{H_0} = \sqrt{\frac{n_0 C_0}{n_b C_b}} \cdot K_R^2 \quad (3)$$

の關係を用いると(2)式は

$$E_b = \frac{1}{8} n_0 C_0 H_0^2 K_R^2 \cdot \sin \alpha_b \cdot \cos \alpha_b \quad (4)$$

となる。ここで $K_R$ は砕波点での屈折係数を表わす。

入射角 $\alpha_b$ は小さいと考えると

$$\sin \alpha_b \approx \tan \alpha_b, \cos \alpha_b \approx 1 \text{ となり}$$

これから(4)式は

$$E_b = \frac{1}{8} n_0 C_0 H_0^2 \cdot K_R^2 \tan \alpha_b = E_0 K_R^2 \tan \alpha_b \quad (5)$$

となる。

それぞれの波高、周期の組合せについて $K_R^2 \tan \alpha_b$ を求めなければならないが計算の精度と手間を考へて次のように簡略化して $E_b$ を求めた。まず波浪観測の資料から波形こう配の出現度分布を求めると0.01以下のものが大部分をしめているため砕波指標を用いて砕波水深 $h_b$ を $h_b/L_0 = 0.02$ とし、平行海浜における波の入射角と屈折係数の關係を適用して各波向ごとに $K_R^2 \tan \alpha_b$ を求めた。また各波向ごとに $E_0$ を求め、これから次式によって平均の $K_R^2 \tan \alpha_b$ の値を計算した。

$$(K_R^2 \tan \alpha_b)_m = \frac{\sum E_0 i (K_R^2 \tan \alpha_b)_i}{\sum E_0 i} \quad (6)$$

ここでは $\Sigma$ は波向 $i$ についての和を表わす。上式で求めた $(K_R^2 \tan \alpha_b)_m$ の値と(1)式を用いて求めたエネルギーとの積から波の沿岸方向のエネルギーを計算した。計算地点はまだ浸食の生じていない測点No.35, 68, 77であり、浸食の生じている場所においては浸食とともに海岸線の方角も変化するために波向ばかりでなく海岸の方角変化も考慮しなければならずここでは検討を行っていない。各測点における $K_R^2 \tan \alpha_b$ の値は表2に示されており、+0.09から-0.09(正は西向きを表わす)の範囲で変化し、その平均値は0.08である。

波向観測のない場合については何らかの方法で

$K_R^2 \tan \alpha_b$  の値を推定しなければならない。田中観測所における各方向の吹送距離を調べてみると図10に示すように未襲方向はかなり限定されていると考えられる。沿岸方向の波エネルギーの変動は全エネルギーの変動と波向の変動によっているが上記のことから波向の変動はエネルギーの変動に比較して小さいと考えられる。以上のことから  $K_R^2 \tan \alpha_b$  の値は各年によって変化しないと見て次のようにして推定を行なった。沿岸漂砂量は一般に次のように表わされている。

$$Q = \alpha E_b = \alpha E_0 K_R^2 \tan \alpha_b \quad (7)$$

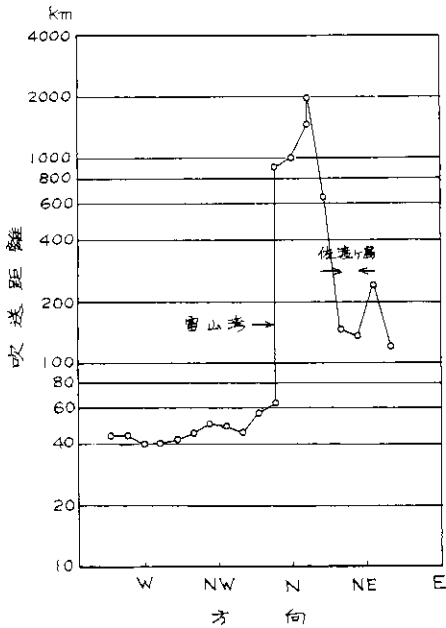


図10 各方向の吹送距離

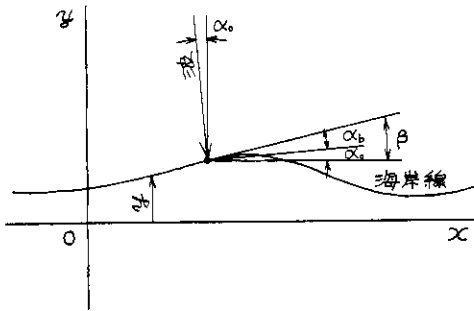


図11 波の入射角と海岸線方向の関係

ここで図11のように海岸線に沿った方向に  $x$  軸をとり、これと直角に  $y$  軸をとって  $y$  軸と波向のなす角を  $\alpha_0$  とすると

$$\alpha_b = \alpha_0 - \beta$$

と表わされる。ここで  $\beta$  は図11に示すように海岸線の接線と  $x$  軸のなす角である。これを(7)式に代入すると

$$Q = \alpha E_0 K_R^2 \tan(\alpha - \beta) \approx \alpha E_0 K_R^2 (\tan \alpha_0 - \tan \beta) \approx F \tan \alpha_0 - F \frac{\partial y}{\partial x} \quad (9)$$

ここで  $F = \alpha E_0 K_R^2$  で  $\alpha_0, \beta$  は小さいと考えている。

沿岸漂砂量の場所的な変動は浸食、堆積と関係し、

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial h y}{\partial t} = 0 \quad (10)$$

の連続の式が成立する。ここで  $h$  は砂移動のいちじるしい高さを表わす。式(9)と(10)から

$$\frac{\partial y}{\partial t} = \frac{F}{h} \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} - \frac{1}{h} \frac{\partial F \tan \alpha_0}{\partial x}$$

が得られる。 $h$  の時間的な変化および  $F$  の距離の変化はないものと考えている。海岸線  $y$  の変化から  $\partial y / \partial t$  と  $\partial^2 y / \partial x^2$  を求めると  $F/h$  の値を推定することができる。なおこの微分を計算する際には誤差を生じるために平滑化を行なっている。ブロック投入の影響のないと考えられる昭和38年6月から昭和35年9月までの測点No. 160から174における測量成果を利用して  $\partial y / \partial t$  と  $\partial^2 y / \partial x^2$

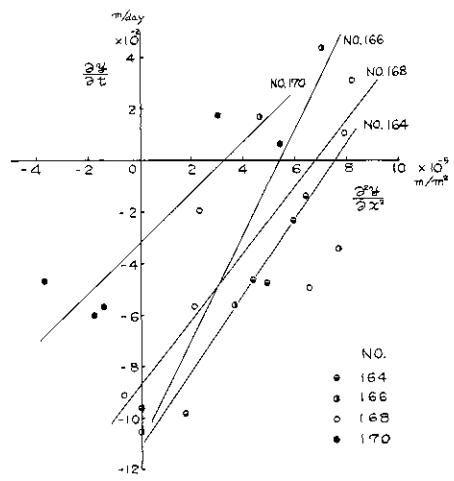


図12  $\partial y / \partial t$  と  $\partial^2 y / \partial x^2$  の関係



を求めると図12のようになる。F/hの値を図から求めると平均値としては $F/h = 5.4 \times 10^5 \text{ m}^2/\text{year}$ となり、移動高さhを5mとすると $F = 2.7 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{year}$ となる。

平均的な波向を推定するために10年間の平均の沿岸漂砂量を用い(7)式によって $K_R = 1$ として $\tan \alpha_b$ を測点No. 35, 68, 70について求めると表2のようになる。波向観測のある期間の $K_R^2 \tan \alpha_b$ の平均値と一致しておりオーダーはこの程度と考えられる。この値と全エネルギーとの積から沿岸方向のエネルギー成分を求めると表2に示すようになる。

沿岸漂砂量と沿岸方向のエネルギーの時間的変動を測点No. 35について示したのが図13であってこの両者の変動はよく対応しており、また沿岸漂砂量が東向きとなった昭和40年についてはエネルギーも東向きとなっている。沿岸方向のエネルギーと沿岸漂砂量の関係を示したのが図14であってSavageの関係よりいく分漂砂量が少なくなっている。図には沿岸方向の波エネルギーを計算する際に波向観測の結果を利用したものと推定を行なったものに分けて示してあるが両者の間に大きな差はない。

表2 沿岸方向の波エネルギー

期 間	波 エネルギー $E_b$ ton·m/m·year	測点 No. 35		測点 No. 68		測点 No. 77		欠 測 %
		$K_R^2 \tan \alpha_b$	$E_b$ ton·m/m·year	$K_R^2 \tan \alpha_b$	$E_b$ ton·m/m·year	$K_R^2 \tan \alpha_b$	$E_b$ ton·m/m·year	
昭和33年	$3.81 \times 10^7$	0.0367	$1.40 \times 10^6$	0.0310	$1.18 \times 10^6$	0.0280	$1.09 \times 10^6$	94.7
34	8.57 "	"	1.81 "	"	1.10 "	"	1.02 "	87.3
35	3.28 "	"	1.20 "	"	1.02 "	"	$9.88 \times 10^5$	87.2
36	5.39 "	"	1.96 "	"	1.67 "	"	$1.54 \times 10^6$	87.9
38	1.05 "	"	$8.85 \times 10^5$	"	$8.27 \times 10^5$	"	$3.00 \times 10^5$	47.2
39	1.34 "	-0.0281	8.10 "	0.0841	4.57 "	0.0283	3.80 "	9.5
40	8.46 "	0.0262	9.06 "	-0.0577	$-2.00 \times 10^6$	-0.0903	$-3.12 \times 10^6$	76.5
41	3.51 "	0.0901	$3.16 \times 10^6$	0.0773	2.71 "	0.0655	2.30 "	32.7
42	0.504 "	0.0921	$5.20 \times 10^5$	0.0513	$2.89 \times 10^5$	0.0597	$3.36 \times 10^5$	1.2
平均	2.70 "							

注1. 止は西向き、負は東向きを表わす。

注2. 昭和37年は欠測

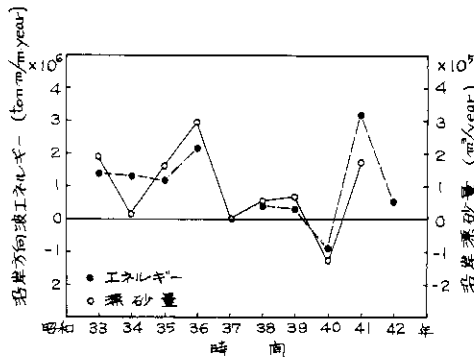


図13 沿岸方向波エネルギーと沿岸漂砂量の時間的変化

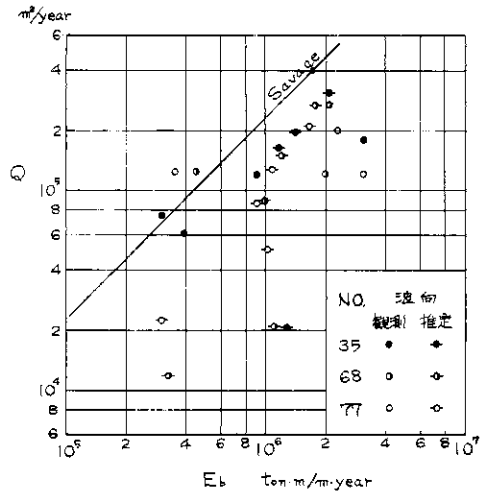


図14 沿岸漂砂量と沿岸方向波エネルギーの関係

#### 4. 海浜変形の計算

これまでは深浅測量および波浪観測の成果を利用して沿岸漂砂量, 波のエネルギー, 未襲方向について検討を行ってきたが海岸侵食が沿岸漂砂の減少によって生じたのであれば(9)式と(10)式または(11)式を使用して海浜変形を計算することができる。実際の海岸においては侵食がある程度進むと対策工事が行なわれているためにこの影響について考慮しなければならない。

初期条件として昭和38年6月の海岸線を与えて各年, 各地点ごとに  $F, h, \tan \alpha_b$  を変えて計算することもできるがここでは平均的な変形について検討を行なった。そのため  $F, h, \tan \alpha_b$  の値は場所的にも時間的にも変化しないと考えている。また境界条件としては宮崎漁港に相当する位置で沿岸漂砂量はないとしている。対策工事の影響についてはブロックの投入が主であるために侵食が進むと前浜がなくなり, 沿岸漂砂量は減少すると考え, その減少の割合を次式のように仮定している。

$$Q = \frac{LU - y}{LU - LL} Q_0 \quad \begin{matrix} y < LL \\ LL < y < LU \\ LU < y \end{matrix} \quad (12)$$

ここで  $Q_0$ : 構造物のない場合の沿岸漂砂量,  $y$ : 海岸線,  $LL, LU$ , 定数で構造物の影響範囲を表す値である。

計算方法としては(9)式と(10)式の微分を差分になおし, 差分としては最も簡単な前進差分を用いており, この場合の計算安定条件としては時間間隔を  $\Delta t$ , 距離間隔を  $\Delta x$  とすると次のようになる。

$$\Delta t < \frac{1}{2} (\Delta x) \frac{h}{F} \quad (13)$$

計算条件としては  $h = 5\text{m}$ ,  $LU = -20\text{m}$ ,  $LL = -15\text{m}$ ,  $F = 2.7 \times 10^6, 2.0 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{year}$ ,  $\tan \alpha_b = 0.02, 0.03, 0.04$  の組合せである。

計算値との比較を行なうために昭和38年6月ののり線を基準として各測点においてのり線が10m後退した場合の年月を示したのが図15である。前進後退をくり返している場合には最初に10mの後退が生じた年を示してある。また10m後退の生ずる前に5mの後退の生じた年月も合せて示されている。計算結果と比較すると

$$F = 2.7 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{year}, \tan \alpha_b = 0.03$$

の場合が平均的には一致し, この計算値が図15に

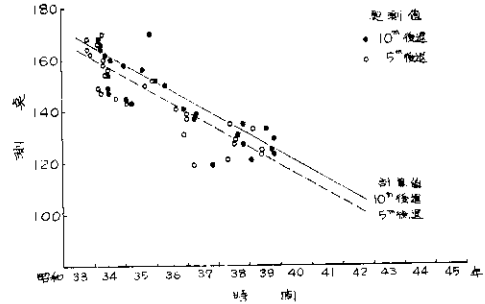


図15 各測点での10mおよび5mののり線後退を生じた時間

示されている。この場合の海岸侵食を生じない場所の沿岸漂砂量としては  $Q_0 = F \tan \alpha_b = 8.1 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{year}$  となる。沿岸漂砂量が増加すれば海岸線の後退の速度は速くなり, また  $\tan \alpha_b$  が増加すれば5m後退が生じてから10m後退の生ずる期間が短くなる。このような計算結果からもさきに推定した  $F$  や  $\tan \alpha_b$  の値は妥当なものと考えることができる。

#### 5. 対策工法

海岸侵食の原因とその実態について検討を行ってきたが次に侵食対策工法についての検討を行なってみる。

まずこれまで検討を行なった結果をまとめてみるとこの海岸における侵食の原因としてはまず第1に能登半島によって西からの波は未襲しないために波の未襲方向は海岸線に斜めになり, 西向きの沿岸漂砂を生じていた。この漂砂を宮崎漁港東側の防波堤建設によって阻止したためにその西側に侵食を生じた。第2の原因としては吉原沖に洋谷があるためにこれに漂砂が落ち込むためであろう。第3の原因としてはこの海岸の東側笹川付近と黒部川河口右岸の沿岸方向の波エネルギーを比較すると笹川ではエネルギーが小さく沿岸漂砂も黒部川河口より少ない。このために沿岸漂砂量の差だけ侵食を生じている。沿岸漂砂は黒部川右岸の海底こう配の急な場所で沖へ向っていると推定される。漂砂の動きを描いたのが図16である。

侵食を防止するには沿岸漂砂を防止するか, 漂砂量に相当する量を補給することが必要である。まずどの程度の補給を行なうことができるかという問題について検討を行なってみる。考えられるのは侵食の原因となった宮崎漁港防波堤を除去することである。この事によって沿岸漂砂は昭和27年当時まで回復すると考えられるがさきに述べた

ように宮崎の東側においては防波堤建設以前には浸食を生じており、単に浸食される場所が東側に移動するのみであって根本的な解決とはならない。宮崎漁港東側の堆積量については京都大学で調べた結果によると年間1~2万m<sup>3</sup>となっており、この程度は土砂採取を行なっても東側の海岸には影響はおよばないと考えられる。すなわち漁港の東側から西側に年間2万m<sup>3</sup>の補給を行なえるであろう。沿岸漂砂は8~10万m<sup>3</sup>/year であるために残りの6~8万m<sup>3</sup>/yearの漂砂は止めなければならない。沿岸漂砂を止める工法としては突堤と離岸堤が考えられる。突堤を建設すると沿岸漂砂が止められるためには土砂が堆積し、しだいに海岸線は波の未襲方向と直角になって安定する。離岸堤は波を完全にささぎる場合には突堤と同じように沿岸漂砂を止め、透過性の場合には波高が減衰するために沿岸漂砂量が減少する。海底こう配を調べると測点No. 43を境に図1に示すように東と西では大きく違っている。沖へ移動しているのはNo. 43より西側であると考えられるのでNo. 43~45付近に長い突堤を設け沿岸漂砂のほとんどを阻止し、砂を堆積させて海岸線の方法と波向と直角にすることができると考えられ

る。この突堤から東側においては防砂突堤または離岸堤によって沿岸漂砂量を減少させることが必要であろう。突堤の建設に適した場所としては目川(No. 76)や吉原(No. 96)が考えられる。一方No. 43の突堤の西側においては東からの補給が止められるために浸食を生じる可能性がある。この部分においては海底こう配がきついため沖への移動があると考えられすが何らかの方法で阻止しなければならぬ。このような問題についてはあまり検討されたことが少なく砂防工事に相当するようなことを海中で行なわなければならないが今後の残された問題である。もし黒部川の流出土砂がかなり多ければ漂砂が東向きとなる場合もあるために流出土砂によって沖への移動をまかなうことが出来ると考えられる。以上述べたことをまとめて示すと図17のようになる。漂砂量をいずれの場所においても同じとしなければ浸食は止まらないために沖への移動防止工法が重要な意味を持っている。

まとめ

モデル地区として下新川海岸を選び沿岸漂砂量に重点をおいて海岸浸食の状況と対策工法につい

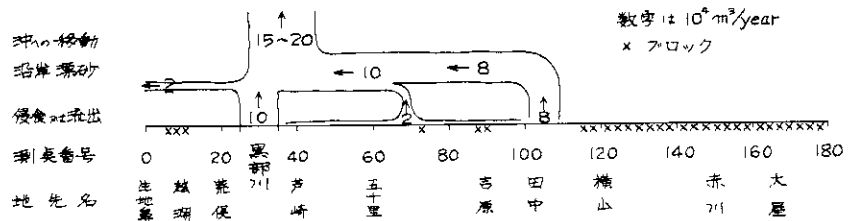


図16 現状における漂砂量

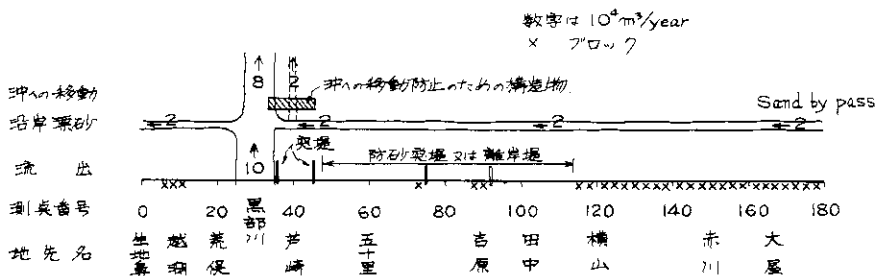


図17 計画とする漂砂量

て検討を行なったが次のような結果が得られた。

1. 下新川海岸における海岸侵食は海岸線に対して斜めに東側から波が未襲するため西向きの沿岸漂砂を生じていたがこれを宮崎漁港防波堤の建設によって阻止したために生じたと考えられる。

2. 侵食されていない海岸の沿岸漂砂量としては8~10万 $m^3/year$ あり、東からの補給がないためにこれだけ侵食され、黒部川河口右岸の海底こう配のきつい場所でほとんどが沖へ移動していると推定される。

3. 未襲波の波エネルギーは平埼 $2.70 \times 10^7 \text{ ton}\cdot\text{m}/\text{m}\cdot\text{year}$ であり $K_R^2 \tan \alpha_b = 0.08$ 程度であるため沿岸方向の波エネルギーは西向きに $8.1 \times 10^6 \text{ ton}\cdot\text{m}/\text{m}\cdot\text{year}$ である。

4. 沿岸漂砂量は各年ごとに変動しているがこれは沿岸方向の波エネルギーの変動に対応しており、エネルギーから漂砂量の推定を行なうことができる。

5. 以上の数値を使用して海浜変形の計算を行なった結果平均的には実際と合った。

6. 侵食対策工法としては現在砂浜の存在する海岸では沿岸漂砂を阻止するため突堤または離岸堤を建設し、また黒部川右岸の沖へ移動している場所では沖への移動を防止することが必要である。

7. 沖への移動防止工法については今後検討しなければならない問題である。

本研究は建設省黒部工事々務所が調査された資料にもとずいて行なわれた。ここに資料を提供していただき、協力された関係者諸氏に感謝の意を表します。

### 参 考 文 献

- 1)建設省北陸地方建設局黒部工事々務所 (1968): 富山沿岸下新川海岸調査報告書, (第II編)
- 2)建設省北陸地方建設局黒部工事々務所 (1969): 富山湾沿岸下新川海岸調査報告書(第III編)
- 3)上屋昭彦, 星畑国松, 本間勝一(1971): 河川からの流出土砂量, 防災科学技術総合研究報告, 第25号, 国立防災科学技術センター
- 4)野田英明, 海浜過程(1971): 1971年度水工学に関する夏期研修会講義集, Bコース, 土木学会
- 5)岡本隆一, 小島圭三, 椎葉元則(1971): 玉石海岸における侵食機構に関する研究 (1)——海岸砂れきの移動調査——, 防災科学技術総合研究報告, 第25号, 国立防災科学技術センター
- 6)建設省北陸地方建設局(1969): 海岸調査年表(第1回)
- 7)建設省北陸地方建設局(1970): 海岸調査年表(第2回)